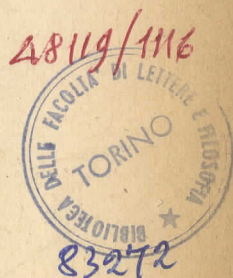
Prof. ANTONIO GARBASSO

L'EMISSIONE DELLA LUCE

(Estratto dagli *Atti della Società Italiana per il Progresso delle Scienze*
IV Riunione - Napoli, ottobre 1910)

ROMA
TIPOGRAFIA NAZIONALE DI G. BERTERO E C.
Via Umbria
1911

L'emissione della luce.

Prof. ANTONIO GARBASSO.

1) Come il problema della struttura degli atomi materiali, anche quello del meccanismo dell'emissione luminosa è nato dallo studio delle scariche nei tubi a gas rarefatti, ed ha trovato il maggiore sussidio nello spettroscopio, e, in generale, nei metodi della spettroscopia.

Ancora nel 1897, WIEDEMANN e SCHMIDT si domandavano se il processo della scarica fosse paragonabile a quello dell'elettrolisi, e al quesito davano una risposta negativa.

WIEDEMANN e SCHMIDT studiarono in particolare il comportamento dell'acido cloridrico. Nell'apparecchio, che servì alle loro esperienze (1), il gas, uscendo da una bottiglia dove si è sviluppato, attraversa un tubo con sostanze essicanti e poi un capillare, che ha per ufficio di rendere più lento l'efflusso. Giunge così al punto dove passano le scariche. Ora dalle due parti, presso gli elettrodi, i prodotti di decomposizione sono trascinati da un aspiratore e passano in certe campanelle, contenenti del mercurio, sul quale il cloro si viene a fissare.

I risultati ottenuti con questa disposizione *non* si accordano bene con la legge fondamentale del FARADAY.

Il circuito conteneva un voltametro a nitrato d'argento, che gli autori impiegarono come coulomb-metro; la tabellina seguente fornisce i dettagli di un'esperienza.

In essa a è la quantità dell'argento depositato nel voltametro; b la quantità del cloro che, secondo la teoria, dovrebbe deporsi all'anodo; c e d le quantità realmente ottenute all'anodo e al catodo. Da ultimo si è posto $u = c/b$, $v = (c + d)/b$.

a	b	c	d	u	v
0.123	0.041	0.013	0.008	0.31	0.53

Dai quali risultati si deduce che il cloro si deposita così ad un polo come all'altro, e che la quantità totale separata è inferiore a quella che la teoria prevede. Propriamente si depone in complesso la metà circa di ciò che si dovrebbe raccogliere al solo catodo.

2) Osservavo, dieci anni or sono, che, se il risultato di WIEDEMANN e SCHMIDT esclude l'ipotesi dell'elettrolisi in senso ristretto, non dimostra affatto che il passaggio dell'elettricità non sia legato con un trasporto

di materia; solamente il processo sarebbe più complicato di quelli che abbiamo l'abitudine di osservare in seno alle soluzioni saline.

Trasporti di materia si constatano in realtà con molte disposizioni differenti. La cosa si verifica, per esempio, alla pressione ordinaria, con un apparecchio semplicissimo (2).

Una bolla di vetro reca agli estremi di un suo diametro due elettrodi di platino; e secondo un altro diametro, perpendicolare a questo primo, si prolunga in un tubo cilindrico aperto all'estremità, il quale tubo traversa il tappo, che chiude una piccola bottiglia, anche di vetro, e giunge all' incirca alla metà della sua altezza. Dentro alla bottiglia poi si versa dell'acqua, tanto che il livello arrivi pochi millimetri sotto all'orifizio del tubo.

È opportuno che la bolla abbia 4 centimetri circa di diametro, e che gli elettrodi stiano affacciati uno all'altro alla distanza di 8 millimetri o press'a poco.

Eccitando in questo piccolo spinterometro delle scintille bene nutrite, si osserva in primo luogo un'aureola diffusa, di colore verde oliva, solcata da poche striscie luminose vivacissime, di colore di rosa girante al porporino; queste mutano continuamente di posizione e di forma. L'aureola non è simmetrica rispetto ad un piano che tagli normalmente nel mezzo l' intervallo di scarica, ma anzi appare alquanto più dilatata dalla parte del polo negativo; inoltre il catodo reca sulla punta un cappuccetto di luce diffusa di color lavanda, mentre l'anodo si riattacca direttamente al verde del fondo.

Quando passano le scintille la bolla si riscalda e vi è produzione abbondante di ipoazotide.

Esaminando con uno spettroscopio l'aureola, si riconoscono le bande e le righe caratteristiche dell'azoto, in tutta la lunghezza, senza che vi sia nulla in apparenza, che diversifichi un polo dall'altro.

Dei fenomeni di polarità bene distinti si possono ottenere invece nel modo che segue. Si toglie via la bolla, si rovescia, tenendo dunque il tubo in posizione verticale e rivolto all'insù, poi, con una pipetta, si fanno cadere dentro a questo recipiente due o tre goccie di una soluzione salina.

Per fissare le idee, supponiamo che si tratti di una soluzione di cloruro di litio.

Quindi si gira la bolla, procurando che il liquido bagni le pareti, *senza arrivare in contatto degli elettrodi*, e finalmente si rimette ogni cosa a posto come prima.

Se si provocano da capo le scariche si riscontra adesso un fenomeno assai brillante. Nei primi momenti, infatti, la scintilla è colorata

in rosso vivo in tutta la sua lunghezza; in seguito la tinta del rosso si localizza, e forma come una fiamma, che parte dal polo negativo e viene a sfumare verso la metà dell'intervallo. In questo tratto lo spettroscopio distingue nettissima e quasi sola la riga caratteristica del litio; nel rimanente si ha, come dianzi, lo spettro dell'azoto.

Qui vi è dunque un'apparenza di elettrolisi parziale, in quanto, almeno, il metallo si porta all'elettrodo negativo.

Il trasporto del jone metallico presso il catodo si può mettere in luce con una seconda esperienza molto elegante. Se infatti nelle condizioni descritte innanzi si inverte istantaneamente la direzione del flusso, si vede la scarica apparire rossa da un elettrodo all'altro, e poi il metallo ridursi come prima, in pochi secondi, dalla parte del conduttore negativo.

Fenomeni in tutto simili si osservano sostituendo al sale di litio altre sostanze; per esempio, serve assai bene una soluzione di cloruro di sodio, acidificata con acido cloridrico. Il tallio, il cesio possono impiegarsi allo stesso scopo; ma volendo ripetere le esperienze è da preferire l'uso del litio, sopratutto perchè la colorazione, che esso imparte alla scarica, stacca meglio di ogni altra sull'aureola verde.

3) Riecke e Stark studiarono alla loro volta il fenomeno che ci occupa, con una disposizione poco diversa (3).

In una scintilla prodotta nell'aria fra due elettrodi, aventi una differenza di potenziale costante di 3600 Volta, i detti autori introducono una perla di cloruro di sodio o di litio, e trovano che la scarica assume una colorazione uniforme (gialla o rossa) quando la perla è mantenuta vicina al polo positivo; si tinge invece per un breve tratto nella regione catodica se la perla si colloca appunto in prossimità dell'altro polo.

Riecke e Stark vedono addirittura in tali risultati una prova del processo elettrolitico. E qui sono costretto di nuovo ad insistere sulla proprietà del linguaggio; perchè il parlare di elettrolisi non significa soltanto ammettere l'esistenza di nuclei metallici in moto dal polo positivo al negativo, ma significa, pure astraendo da considerazioni quantitative, supporre almeno che vi siano anche degli atomi di cloro negativi e procedenti nel verso contrario. Ora di questo le esperienze non ci dicono assolutamente nulla,

4) Del resto, che nelle mie esperienze, e, naturalmente, anche in quelle di Riecke e Stark, non si tratti propriamente di elettrolisi, fu dimostrato dal Razeto, per quanto mi pare, in modo esauriente (4).

Secondo il Razeto si sarebbe in presenza, nel caso mio e in quello di Riecke e Stark, di fatti analoghi a quelli notissimi che si osservano

nei miscugli di diversi gas. Nei quali miscugli, di regola, fra tutti i componenti, uno solo prevale, e gli altri non si mostrano all'esame spettroscopico, se circostanze specialissime non concorrono a rivelarne la presenza.

Il Razeto si richiamava ad un fatto di questa specie, che ha per il caso nostro la massima importanza. Se in un tubo d'azoto è rimasta durante la vuotatura una qualche traccia di vapore di mercurio, le righe proprie del metallo non appariscono nella scarica in condizioni ordinarie; ma, quando, per l'influenza del campo magnetico o per l'introduzione di un condensatore, la temperatura media risulti più elevata, lo spettroscopio subito le avverte (5).

Ora, con la disposizione delle mie esperienze, ed è questo in sostanza il risultato del Razeto, una scintilla che presenta in prossimità dell'elettrodo negativo la colorazione caratteristica del sodio o del litio, e rimane verde in tutta l'altra parte, si può invece agevolmente colorare per intero, riducendo la sua lunghezza, o facendo crescere la frequenza delle scariche, o semplicemente aumentando l' intensità di queste ultime.

Sicchè in sostanza sembrerebbe che una conclusione si potesse tirare dalle mie esperienze, e da quelle di Riecke e Stark, ma una sola e prudente, e cioè che i vibratori i quali dànno origine allo spettro dei metalli alcalini (e più propriamente alla serie principale, che è quella che dà alla scintilla la colorazione caratteristica) siano *elettrizzati di elettricità positiva.*

5) Anche sotto questa forma la conclusione è soggetta a dubbi. E il primo nasce dal constatare che l'idrogeno e il mercurio, in condizioni opportune, danno luogo ad apparenze, le quali condurrebbero chi ragionasse allo stesso modo ad una conclusione nettamente opposta (6).

Se si prepara un tubo di Geissler, con due elettrodi di platino, uno dei quali abbia servito come catodo nell'elettrolisi dell'acqua acidulata e lo si vuota, sull'aria, il tubo mostra lo spettro caratteristico dell'azoto finchè l'elettrodo inquinato funziona da anodo; appare invece lo spettro caratteristico dell'idrogeno quando si inverte la corrente. Si *vede* ad occhio l'idrogeno allontanarsi dall'elettrodo negativo, e invadere a poco a poco tutto lo spazio.

Ragionando come prima, e fidandoci dunque all'apparenza, si dovrebbe concludere adesso che il vibratore che dà origine allo spettro dell'idrogeno o, per essere esatti alla sua serie principale, è *carico di elettricità negativa.*

Ad una conclusione simile si arriverebbe studiando il comportamento del mercurio. Se dei due elettrodi di un Geissler uno è tenuto verticale e coperto per intero con qualche gocciola di mercurio, lo spettro

del metallo non appare finchè quest'ultimo elettrodo si mantiene positivo; si mostra invece quando la scarica si inverte e il detto elettrodo assume le funzioni di catodo. Anche qui il metallo sembra allontanarsi dall'elettrodo negativo, e i suoi vibratori dovrebbero dunque essere carichi negativamente.

La contraddizione di questi risultati con quelli dedotti dal comportamento dei metalli alcalini nella scintilla a pressione ordinaria non può non far dubitare, come dicevo, che vi sia nel ragionamento un difetto di logica. Perchè realmente sembra poco probabile che per metalli diversi, e sempre per le serie principali, si debbano avere nei vibratori delle condizioni diverse, e anzi nettamente opposte.

6) Si è cominciato a veder chiaro in proposito dopo le belle esperienze del LENARD sugli spettri delle fiamme e dell'arco (7).

La scelta della fiamma e dell'arco in luogo della scintilla è probabilmente la ragione vera per cui il LENARD è arrivato a risultati più chiari e completi; nella fiamma infatti e nell'arco i processi sono meno tumultuosi o, per dir tutto con una sola parola, sono stazionarii in confronto con quelli che si verificano nella scarica a qualunque pressione.

Il LENARD ha impiegato il medesimo procedimento nei due casi indicati. Per guadagnare tempo mi limiterò a riferire le esperienze relative all'arco voltaico; e scelgo queste di preferenza perchè il comportamento spettroscopico dell'arco, dopo i lavori del LENARD stesso e del PUCCIANTI, è meglio e più generalmente noto che non sia quello della fiamma.

Si sa che nell'arco voltaico l'emissione della serie principale e delle serie accessorie è affidata a regioni distinte. O, per meglio dire, si sa che il mantello dell'arco emette la sola serie principale, mentre le porzioni più interne dànno con la principale anche le serie accessorie.

Quando si osserva il fenomeno con lo spettroscopio privo di fenditura le imagini corrispondenti alle righe della serie principale appaiono infatti grandi e complete, mentre le imagini che corrispondono alle serie accessorie sono più piccole e mancano di tutta la porzione esterna. Orbene, si immagini un arco nel quale il carbone inferiore sia cavo o caricato con sale metallico, con un sale di sodio per esempio. In questo arco si introduca dall'esterno un bastoncino ausiliario di carbone, carico ad un potenziale positivo, diciamo di 2000 Volta. Finchè la punta del bastoncino si trova nel mantello esterno l'arco non reagisce affatto; quando essa arriva nella porzione più interna, in quella che emette con la serie principale anche le serie accessorie, si manifesta invece una ripulsione ben netta; questa regione è dunque carica, ed è carica di elettricità positiva.

Il LENARD ne conclude che *i vibratori che emettono la serie principale sono neutri, mentre gli altri, che dànno origine alle serie accessorie, sono elettrizzati positivamente.*

Allo stesso risultato si arriva procedendo in un altro modo. Si dispongono i due carboni secondo una retta orizzontale, e si fanno massicci, senza carica di sale. Si prende poi un terzo carbone animato, ma non elettrizzato, e lo si introduce nell'arco. Finchè si resta nel mantello esterno questo si colora uniformemente con la tinta caratteristica del sale impiegato, naturalmente con quella che corrisponde alla sola serie principale, andando più avanti invece la fiamma si colora nell'interno, dalla parte del carbone negativo soltanto; anche qui dunque i nuclei produttori delle serie accessorie si manifestano elettrizzati di elettricità positiva.

7) Il LENARD stesso spiega le esperienze mie e di RIECKE e STARK, delle quali ho discorso innanzi, ammettendo che il movimento e la luminosità non siano contemporanei.

Se nelle mie esperienze, ad esempio, i vibratori del sodio e del litio apparivano positivi, sebbene la sola serie principale venisse emessa in misura apprezzabile, il processo doveva però essere assai più complicato che non apparisse a prima vista: qualche vibratore positivo si formava di quando in quando per la perdita di uno o più elettroni, e appena carico seguiva lo stimolo del campo elettrico, spostandosi dunque verso il catodo. Ricostituitosi più tardi allo stato neutro, per l'acquisto degli elettroni necessarii, diventava capace di emettere la serie principale, che, per ragioni ancora non ben chiare, è di più facile eccitazione, come appare dalle esperienze ricordate sugli archi e sulle fiamme.

Quanto al comportamento del mercurio e dell'idrogeno, essi vengono probabilmente emessi dal catodo per la sola ragione che esso assume una temperatura più alta, e si diffondono poi in tutto il tubo in causa dell'eccesso di concentrazione, senza che il campo elettrico intervenga per nulla ad agevolare ed anche meno a provocare il movimento.

L'evaporazione del mercurio è probabilmente legata col fatto ben noto della disaggregazione del catodo nei tubi a gas molto rarefatto.

Le vedute del LENARD rendono anche comprensibile e ovvia anzi la circostanza che l'idrogeno, in determinate condizioni, mostri un comportamento che a prima vista sembra nettamente opposto a quello descritto innanzi. In un tubo contenente dell'acido cloridrico gassoso, nel quale, per ritardare i processi di diffusione, si sia interposto fra gli elettrodi un setto di terra porosa, l'idrogeno si mostra da principio al solo catodo (8). Qui probabilmente, da una molecola di acido cloridrico

è risultato un atomo d'idrogeno carico di elettricità positiva, il quale fu attratto al catodo, e ricostituitosi, con l'acquisto di un elettrone, divenne capace di emettere la serie principale.

Il LENARD, per sua parte, avanza ancora un'ipotesi, che diverse circostanze, su le quali non posso insistere, rendono plausibile, e cioè che le diverse serie accessorie derivino da atomi che hanno perduto un diverso numero di elettroni. La prima accessoria sarebbe prodotta da un vibratore di carica 1, la seconda da un vibratore di carica 2, e così di seguito.

In realtà lo splendore delle serie accessorie cresce fra i metalli alcalini con il peso atomico, e cresce con il peso atomico la tendenza ad assumere valenze superiori all'unità; così, per esempio, per il cesio si conosce persino un pentaioduro.

8) Le esperienze riferite ai paragrafi 2, 3 e 7 fanno supporre, secondo le idee del LENARD, che gli atomi (neutri), i quali emettono le serie principali, siano stati *prima* elettrizzati positivamente.

È naturale pensare che questa circostanza abbia per l'emissione della luce un significato profondo, che cioè il vibratore cominci ad emettere delle onde elettromagnetiche, appunto *quando*, e appunto *perchè* gli elettroni da esso perduti ritornano, e lo ricostituiscono nello stato di neutralità.

Un nuovo argomento in favore di codesta tesi si rinviene nelle esperienze notissime dello STARK su l'*effetto Doppler* dei raggi canali. Se i nuclei che emettono la serie principale dell'idrogeno possiedono una velocità considerevole è manifestamente perchè essi sono, o sono stati, carichi di elettricità positiva.

Ma è facile vedere che la seconda alternativa è da presceglíere, perchè il WIEN ha dimostrato (9) che, facendo agire un magnete sopra un fascio di raggi canali, si deviano le particelle elettrizzate, ma non si perturba sensibilmente l'apparenza luminosa. E questa non procede dunque da quelle.

9) Se accettiamo che l'atomo emetta la luce quando *torna* ad essere neutro, ci si presenta subito un problema interessante. Perchè possiamo domandare se l'elettrone riacquistato irradii esso stesso, o provochi invece le vibrazioni di altri preesistenti nell'atomo.

Non sembra possibile rispondere, almeno per ora, alla domanda con piena generalità. In un caso particolare è riuscito però al LENARD medesimo, con una serie di esperienze, degne veramente di ammirazione, di stabilire con certezza che l'elettrone « vagante » e l'elettrone « radiante » sono senza dubbio distinti.

10) Si sapeva da gran tempo che i solfuri dei metalli terroso-alcalini e il solfuro di zinco non presentano mai fosforescenza quando sono

perfettamente puri; che d'altra parte la luce emessa, quando il fenomeno si presenta, varia col metodo di preparazione, e deve essere dunque legata con la natura chimica delle impurità.

Lenard e Klatt hanno istituito in proposito un gran numero di ricerche sistematiche (10), in seguito alle quali la preparazione e il comportamento dei *fosfori* si possono ridurre a regole sicure. Dimostrano questi autori che si ha fosforescenza quando e solo quando coesistono nel preparato tre ingredienti diversi, e cioè un *solfuro,* una traccia di qualche *metallo attivo,* e un *fondente* opportuno (Zusatz).

Il solfuro può essere di calcio, di stronzio, di bario o di zinco; come metalli attivi si riconoscono il rame, il manganese, il bismuto, il piombo, l'argento, lo zinco, il nichelio e l'antimonio; come fondenti si raccomandano molti sali metallici incolori (borace, solfato di sodio, varii cloruri, fluoruri, ecc.).

Il colore della fosforescenza è determinato essenzialmente dal solfuro e dal metallo, ed è appena modificato dal fondente. Per essere più esatti diremo che ad ogni metallo corrisponde una banda, o un gruppo di bande, che si riproducono col loro aggruppamento caratteristico nei varii solfuri, spostandosi però di volta in volta. Così per esempio la banda principale del rame è verdebleu nel solfuro di calcio, gialloverde in quello di stronzio, e rossa in quello di bario.

Il fondente, per suo conto, influisce su la vivacità relativa delle diverse bande.

Le singole bande sono indipendenti fra loro, nel senso che ciascuna viene eccitata da una particolare lunghezza d'onda, o da parecchie. Lenard e Klatt hanno verificato che la legge di Stokes è valida sempre, senza eccezione.

Questa legge famosa ha acquistato del resto negli ultimi tempi un significato teorico profondo, in quanto essa appare come una conseguenza immediata delle vedute del Plank, così bene illustrate dall' Einstein, sul meccanismo dell'emissione luminosa (11).

Il Plank ha mostrato infatti come sia verosimile l'ipotesi che la energia venga emessa per radiazione elettromagnetica, sotto forma di *Quanti* discontinui, definiti dalla formola

$$(R/N)\,\beta\nu,$$

nella quale R è la costante dei gas, N il numero delle molecole in un *grammequivalente,* β è uguale a

$$4{,}866.10^{7},$$

e ν rappresenta la frequenza.

Ora, se onde di frequenza ν_1 dànno origine per un processo di foto-luminescenza, di qualunque natura, ad altre onde con la frequenza ν_2, si avrà senza dubbio, per il principio della conservazione dell'energia

$$R/N\, \beta \nu_2 \leqq R/N\, \beta \nu_1 ,$$

e quindi

$$\nu_2 \leqq \nu_1 .$$

11) In un'altra direzione hanno esteso LENARD e KLATT le nostre cognizioni sul fenomeno che ci occupa. Essi hanno trovato infatti che il suo andamento è legato con la temperatura alla quale si osserva.

A temperature basse si ha un'eccitazione momentanea, che può anche mancare, e contemporaneamente una accumulazione di energia; a temperature più alte i due fatti coesistono sempre, laddove, a temperature altissime, si ha daccapo l'azione momentanea.

Nel primo stadio la luminescenza cessa quasi istantaneamente con l'eccitazione; nel secondo non più, mentre alla fine l'effetto ritorna ad essere passeggiero.

12) Ma il fatto che ha il più grande interesse per la conoscenza del meccanismo dell'emissione della luce è questo, che la fosforescenza è legata sempre col manifestarsi di un effetto fotoelettrico (12).

Propriamente le onde che rendono luminoso il preparato sono capaci anche di eccitarlo fotoelettricamente. L'emissione degli elettroni cessa con l'azione della luce.

13) In base a questi risultati sperimentali ci possiamo già formare un'idea del meccanismo per il quale la fosforescenza viene eccitata.

La luce incidente, se ha un periodo opportuno, fa entrare in vibrazione alcuni elettroni del solfuro, o più probabilmente dell'atomo metallico. L'ampiezza di tali vibrazioni può essere così grande che l'elettrone riesca a liberarsi dai legami che lo trattengono. Esso esce allora nel campo che circonda l'atomo. E qui possono avvenire tre cose differenti: o l'elettrone è ripreso quasi subito dal metallo, o invece si allontana tanto da essere attratto e trattenuto da un atomo di solfo, o finalmente sfugge anche a questo e rientra nella sfera di attrazione di un altro atomo metallico.

Si può ammettere che la prima alternativa si verifichi a basse temperature, la seconda a temperature medie, la terza a temperature elevate.

La fosforescenza sarebbe dovuta al fatto che gli elettroni, trattenuti dagli atomi di solfo, ritornano a poco a poco al metallo; è un modo di vedere che trova la sua giustificazione in questa circostanza, che la fosforescenza, quando esiste, si può esaltare ed esaurire rapidamente, con un semplice aumento di temperatura.

14) Ed ora siamo in grado di affrontare il problema posto nel paragrafo nono. Ma per arrivare in fondo dobbiamo fare prima una digressione.

Si abbia un oscillatore del RIGHI, e se ne studi la radiazione con un risonatore di quattro centimetri di lunghezza.

Se sul cammino delle onde incidenti si pone una lastra di vetro, sulla quale siano distribuite tante striscioline di stagnola, anch'esse di quattro centimetri, il risonatore cessa di funzionare: è in fondo il modello elettromagnetico dell'esperienza classica di KIRCHOFF e BUNSEN sull'assorbimento elettivo del vapore di sodio (13).

Supponiamo adesso che lo schermo coi risonatori, invece che nell'aria, sia immerso in una vaschetta, contenente un liquido con la costante dielettrica K. Il suo effetto è annullato, perchè è cambiato il periodo proprio dei risonatori, moltiplicandosi per il fattore $\sqrt{K}$.

Che dimensioni si dovranno dare alle striscie di stagnola perchè, immerse nella vaschetta, continuino ad assorbire le onde che eccitano quel primo risonatore?

Se le onde che eccitano l'analizzatore hanno nell'aria la lunghezza L', e i risonatori dello schermo hanno, sempre nell'aria, il periodo T, verrà subito come condizione di risonanza

$$T.\sqrt{K} = L'/V.$$

nella quale si è indicato con V la velocità della luce (nell'aria). Segue subito

$$T = L'/V\sqrt{K};$$

ma L'/V è per l'appunto il periodo dell'analizzatore, che potremo indicare con T'.

La nostra equazione diventa dunque

$$(*) \qquad T = T'/\sqrt{K};$$

ora, trattandosi di risonatori del RIGHI, i periodi (nell'aria) si possono ritenere proporzionali alle lunghezze; se queste si indicano con l e l' viene dunque

$$l = l'/\sqrt{K}.$$

Se l'analizzatore, come si è supposto, ha la lunghezza di quattro centimetri, e la costante K del liquido è uguale a 2, 5, si ottiene

$$l = 2,53.$$

E si arriva dunque a questa conclusione: che se sul cammino delle onde, le quali eccitano l'analizzatore di quattro centimetri, si interpone una vaschetta con un liquido avente la costante dielettrica 2, 5, e dentro a questa una lastra di vetro con risonatori di 2, 53 cm., le scintille dell'analizzatore si spengono. Tornerebbero invece a comparire se lo schermo e la vaschetta si collocassero semplicemente uno dietro all'altra.

L'esperienza fu fatta in realtà da ASCHKINASS e SCHAEFER (14) e il risultato fu conforme a quello che la teoria prevede.

Questa teoria possiamo dunque applicare con piena sicurezza al caso nostro attuale.

15) Torniamo dunque all'equazione (*), e scriviamola, come è lecito, per le lunghezze invece che per i periodi, dandole la forma

$$L = L'/\sqrt{K}.$$

La K sarà per noi la costante dielettrica del *fosforo*, L' sarà la lunghezza (nell'aria) della luce che eccita la fosforescenza (e l'effetto fotoelettrico), ed L la lunghezza delle onde che emetterebbero nell'aria gli elettroni che dalle onde L' vengono eccitati, posto che essi oscillino realmente nel fosforo.

Oppure le L saranno le onde che, sempre in quella ipotesi, gli elettroni emetterebbero se fossero fatti oscillare nell'aria, e le L' le lunghezze della luce di fosforescenza, che si misurano realmente nell'aria.

Vediamo alcuni dei risultati sperimentali (15); avverto che le costanti dielettriche dei fosfori furono determinate espressamente dal WINAWER (16), il quale ottenne i numeri che seguono:

	K
Solfuro di calcio	8, 08
Solfuro di stronzio.	8, 48
Solfuro di zinco	13, 1 .

I dati che riporto, come saggio, sono relativi ad una banda caratteristica del rame.

Questa, che LENARD e KLATT indicano con la lettera α, viene eccitata da diversi raggi ultravioletti; e propriamente da tre nei solfuri di calcio e stronzio, da due in quello di zinco.

Nelle colonne indicate con L' sono registrate ordinatamente le lunghezze d'onda della banda di fosforescenza e dei raggi capaci di eccitarla; accanto a ciascun L', nella colonna distinta con la lettera L, è aggiunto il valore $L'/\sqrt{K}$.

Il risultato si può esprimere dicendo che i numeri inscritti in una stessa colonna L sono sensibilmente uguali per i raggi eccitanti, ma son diversi per la luce eccitata.

Secondo la teoria questo significherebbe che gli elettroni, i quali sentono l'azione della luce e partecipano al fenomeno fotoelettrico, si muovono realmente nel solfuro terroso alcalino, o nel solfuro di zinco.

Banda α del rame.

SOLFURO di	Lunghezza d'onda							
	della banda di fosforescenza		dei raggi che eccitano la fosforescenza					
	L'	L	L'	L	L'	L	L'	L
Calcio	515	181	416	146	349	123	275	97
Stronzio	535	181	430	145	360	122	300	101
Zinco	515	142	—	—	435	120	(360)	(99)

Invece la stessa cosa non si può più ripetere degli elettroni, che dànno origine alla banda di fosforescenza; questi si trovano nell'interno di una molecola complessa, alla quale appartiene l'atomo di rame.

E i primi sono dunque distinti dai secondi.

Noi ci dobbiamo figurare così il processo della fosforescenza, ammettendo che la luce ultravioletta incidente possa, in determinati casi, far vibrare certi elettroni che stanno alla superficie della molecola complessa, o addirittura fuori di essa.

Questi elettroni verrebbero allontanati dal loro nucleo, lasciandolo carico di elettricità positiva. Quando poi per una circostanza favorevole essi possono riprendere il loro posto, lo scuotimento che ne risulta a tutto il sistema mette in vibrazione altri elettroni, situati nell'interno; e questi irradiano la luce.

16) Non sembra illogico e nemmeno troppo ardito supporre che qualche cosa di simile avvenga per l'emissione luminosa in altri casi, all'infuori di quello specialissimo della fosforescenza. Si può imaginare infatti che sempre gli atomi irradino energia quando vengono urtati da un elettrone, che per una causa qualunque aveva prima abbandonato il sistema, lasciandolo carico di elettricità positiva.

E si può pensare che sempre le particelle, le cui oscillazioni dànno origine alla radiazione, siano distinte dalle altre, delle quali si è parlato or ora.

(1) WIEDEMANN u. SCHMIDT. Ann. der Physik, LXI, 1897.
(2) GARBASSO. Ann. des Sc. phys. et nat. XI, 1901.
(3) RIECKE u. STARK. Phys. Zeitschrift, V, 1904.
(4) RAZETO. Nuovo Cimento, IX, 1905.
(5) ZONTA. Nuovo Cimento, VII, 1904.
(6) GARBASSO. l. c.
(7) LENARD. Ann. der Physik, XVII, 1905.
(8) GARBASSO. l, c.
(9) WIEN. Ann. der Physik, XXX, 1909.
(10) LENARD u. KLATT. Ann. der Physik, XXXVIII, 1889 e XV, 1904.
(11) EINSTEIN. Ann. der Physik, XVII, 1905.
(12) LENARD u. SAELAND. Ann. der Physik, XXVIII, 1909.
(13) GARBASSO. Atti R. Acc. di Torino, XXVII, 1892.
(14) ASCHKINASS u. SCHAEFER. Ann. der Physik, V, 1901.
(15) LENARD. Sitzungsberichte der Heidelberger Ak. der Wiss., 1909.
(16) WINAWER. Inaugural Dissertation, Heidelberg, 1909.